



EKSAMENSOPPGAVE I SIF4029- FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen: Randi Holmestad

Tlf. 93880

Eksamensdato: Mandag 6. mai 2002

Eksamenstid: 09.00 -14.00

Vekttall: 2.5 Vt

Tillatte hjelpemidler: Bestemt, enkel kalkulator.

K.Rottmann: Matematisk formelsamling

K.Rottmann: Matematische Formelsammlung

O. Jahren og K.J.Knutsen: Formelsamling i matematikk

S. Barrett og T.M Cronin: Mathematical Formulae

Språkform: bokmål

Antall sider bokmål: 10

Antall sider nynorsk: 10

Sensurdato: 27. mai

En del formler, uttrykk og definisjoner er vedlagt. Ved bedømmingen teller alle deloppgaver (a, b, c, og evt d i oppgave 1, 2 og 3 og A, B og C i oppgave 4) like mye; totalt 13 vekttall. Merk at side 10 av dette oppgavesettet skal fylles ut og leveres sammen med resten av besvarelsen.

OPPGAVE 1.

En sfærisk symmetrisk ladningstetthet $\rho(r)$ gir opphav til følgende elektrostatiske potensial:

$$V(r) = \begin{cases} \frac{\rho_0 a^2}{18\epsilon_0} [1 - 3(r/a)^2 + 2(r/a)^3] & \text{for } 0 \leq r \leq a \\ 0 & \text{for } r > a \end{cases}$$

hvor ρ_0 (enhet C/m³) og a (enhet m) er konstanter. Anta $\rho_0 > 0$.

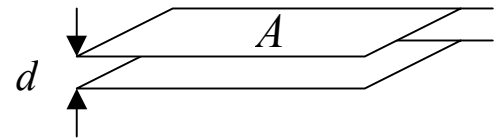
- Finne et uttrykk for størrelse og retning til det elektriske feltet $\vec{E}(r)$ for alle r . Lag en grov skisse av $|\vec{E}(r)|$. Er det elektriske feltet kontinuerlig for $r=a$?
- Finne et uttrykk for ladningsfordelingen $\rho(r)$ for alle r .
- Finne et uttrykk for den totale ladningen Q i fordelingen. Stemmer dette med verdien du fikk for E -feltet i a)? Kommenter.

OPPGAVE 2.

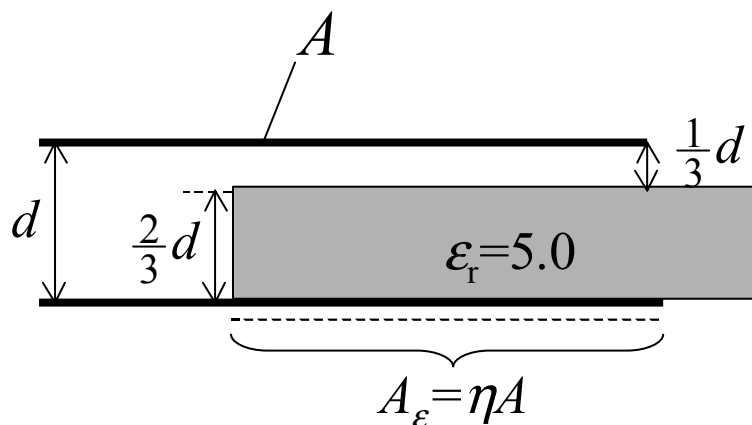
- a) Utled uttrykket $C_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$ for kapasitansen til en luftfylt kondensator bestående av to plane parallelle plater som har et areal på A mens avstanden mellom dem er lik d . Anta som kjent at E -feltet mellom to motsatt ladete ledende plater med uendelig utstrekning og overflateladning lik σ er gitt ved

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}.$$

Angi hva kapasitansen C blir når det er et dielektrisk medium med konstant relativ permittivitet ε_r mellom platene. Hva er den numeriske verdien dersom $A=120 \text{ cm}^2$, $d=3.0 \text{ mm}$ og $\varepsilon_r=5.0$?



- b) Vis at ved parallellkopling og seriekopling av to kondensatorer C_1 og C_2 får vi total kapasitans lik henholdsvis $C_{tot} = C_1 + C_2$ og $(C_{tot})^{-1} = (C_1)^{-1} + (C_2)^{-1}$.
- c) Vi ønsker nå å doble kapasitansen C_0 i a). Dette skal vi gjøre ved å putte inn en dielektrisk plate med tykkelse $\frac{2d}{3}$ og relativ permittivitet $\varepsilon_r = 5.0$ mellom kondensatorplatene. Figuren viser situasjonen fra siden. La A_ε være arealet som den dielektriske platen dekker mellom kondensatorplatene. Hva er forholdet $\eta = A_\varepsilon/A$ når kapasitansen er doblet til $2C_0$?

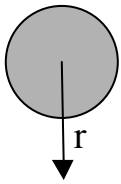


- d) Hvilke av kondensatorene i a) og c) vil kunne lagre mest energi ved en gitt spenning? Forklar hvorfor. Hva ville skjedd hvis platen var en leder? Forklar.

OPPGAVE 3.

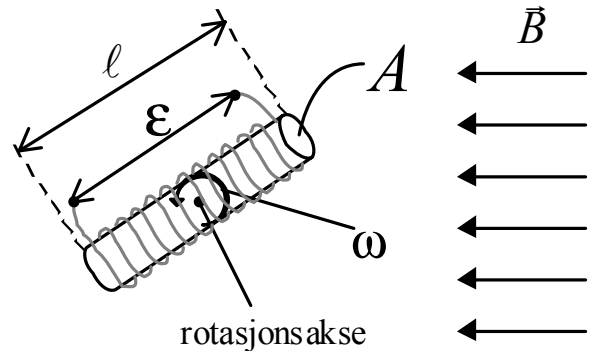
- a) En lang, rett solenoide har lengde ℓ og n viklinger av isolert ledning pr. lengdeenhet, jevnt fordelt. Spolens tverrsnitt er A med $\sqrt{A} \ll \ell$. Inne i spolen er det luft. Strømmen i spolen er I . Bruk Ampères lov til å vise at størrelsen på B -feltet inne i spolen kan skrives som $B = \mu_0 n I$. Finn spolens selvinduktans L . Vis at den kan uttrykkes kun som funksjon av ℓ , A , n og μ_0 .

I b) og c) skal vi se på en solenoide med $\ell = 20$ cm, $A = 1.5$ cm² og $n = 30$ cm⁻¹. De to deloppgavene er helt uavhengige.



a)b) En sylinderformet, massiv jernstav med tverrsnitt A og permeabilitet $\mu_r = 2000$ puttes inn i solenoiden. En vekselstrøm i påtrykkes. Det vil da induseres et elektrisk felt utenfor solenoiden. Lag figur og tegn inn retningen til det induserte E -feltet. Finn et uttrykk for E -feltet utenfor solenoiden som funksjon av avstanden r fra solenoidens sentrum (se figur). Beregn amplituden til E i avstand 5.0 cm fra sentrum av solenoiden når amplituden til i er 2.0 A og frekvensen er 50 Hz.

- c) Solenoiden roterer nå i jordmagnetfeltet \vec{B} slik at det induseres en elektromotorisk spenning \mathcal{E} i viklingene. Anta at solenoiden roterer med konstant vinkelfrekvens $\omega = 600$ s⁻¹ om en akse som står normalt til både B -feltet og lengdeaksen til solenoiden, som vist på figuren. Hva blir maksimalverdien \mathcal{E}_m dvs. amplituden til \mathcal{E} , når $B = 5.0 \cdot 10^{-5}$ T?

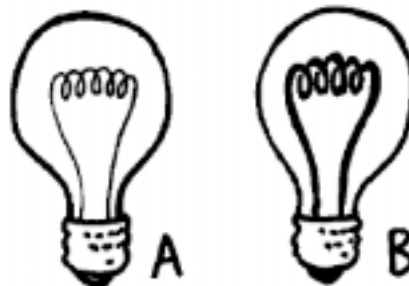


OPPGAVE 4.

Oppgaven består av 9 delspørsmål; disse skal besvares i tabellen som er gitt på siste side av eksamensoppgaven. Riv arket ut og lever det sammen med resten av besvarelsen. Det er ikke lov til å gardere. Kun side 10 skal leveres som svar på oppgave 4.

A1) Lyspære A og B er identiske på alle måter bortsett fra at filamentet i B er tykkere enn i A. Begge får samme nettspenning. Vi finner da at

- A vil lyse mest fordi den har størst resistans
- B vil lyse mest fordi den har størst resistans
- A vil lyse mest fordi den har minst resistans
- B vil lyse mest fordi den har minst resistans
- begge vil lyse like sterkt



A2) En lysstråle går fra luft og treffer en vannoverflate med innfallsvinkel 45°. Hvilke av de fire størrelsene endrer seg når lyset går inn i vannet: (1) bølgelengde, (2) frekvens, (3) forplantningshastighet, og (4) forplantningsretning?

- bare 1 og 2
- bare 2, 3 og 4
- bare 1, 3 og 4
- bare 3 og 4
- 1, 2, 3 og 4

A3) En enkelt spalte produserer et diffraksjonsmønster. Spaltebredden blir sakte men sikkert redusert, men er fortsatt alltid større enn bølgelengden til lyset. Da vil diffraksjonsmønsteret

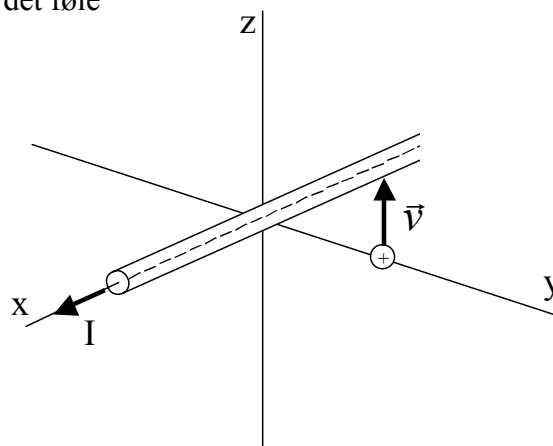
- a) sakte men sikkert bli bredere
- b) sakte men sikkert få mer intensitet
- c) ikke endre seg fordi lysets bølgelengde ikke endrer seg
- d) sakte men sikkert bli smalere
- e) Ingen av disse er korrekt

B1) En 60 W lyspære sender ut sfæriske elektromagnetiske bølger uniformt i alle retninger. Anta at 50% av den innsendte effekten i en slik lyspære sendes ut som elektromagnetisk stråling. Hva blir stråleintensiteten i en avstand på 2.00 m fra lyspæra?

- a) 15 W/m^2
- b) 4.8 W/m^2
- c) 2.4 W/m^2
- d) 0.60 W/m^2
- e) 1.2 W/m^2

B2) Strømmen i en ledning langs x-aksen går i positiv retning. Hvis et proton, lokalisert som vist på figuren, har en hastighet i positiv z-retning, vil det føle

- a) en kraft i retning av positiv x
- b) en kraft i retning av negativ x
- c) en kraft i retning av positiv z
- d) en kraft i retning av positiv y
- e) ingen kraft

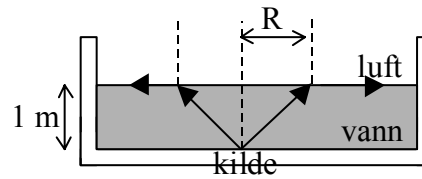


B3) Et objekt som er 5 cm høyt er plassert 15 cm foran en konvergerende linse med fokallengde 30 cm. Den endelige bildestørrelsen er

- a) 2.5 cm
- b) 3.3 cm
- c) 5.0 cm
- d) 7.5 cm
- e) 10 cm

C1) Vi plasserer en punktkilde på bunnen av et 1 m dypt vann. Kilden sender ut lys som stråler oppover i alle retninger. Vi ser fra toppen at det formes en sirkel av lys av strålene som er brutt inn i lufta og at strålene utenfor er reflektert tilbake inn i vannet. Brytningsindeks for vann er 1.33. Radien R av sirkelen ved vannoverflata er tilnærmet lik

- a) 0.75
- b) 1.0
- c) 1.13
- d) 1.33
- e) uendelig

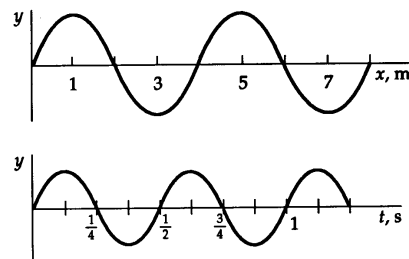


C2) En massiv sfærisk leder med radius 20 cm har ladning $Q=25$ nC. En annen, uladet sfærisk leder med radius 12 cm flyttes mot den første inntil de berører hverandre. Omtrent hvor mye ladning er det på den andre kula etter at de to kulene har blitt flyttet langt fra hverandre?

- a) 15 nC
- b) 9.4 nC
- c) 25 nC
- d) 3.9 nC
- e) ingen ladning

C3) En bølge går med en hastighet v langs x -aksen i positiv retning. Den øverste grafen viser amplituden y som funksjon av x for en gitt tid. Den nederste grafen viser amplituden y som funksjon av tiden for et gitt punkt x . Fra informasjonen i grafene, hva er bølgens forplantningshastighet v ?

- a) 8.0 m/s
- b) 4.0 m/s
- c) 6.0 m/s
- d) Det er ikke nok informasjon til å løse problemet
- e) Ingen av disse er rett.



Oppgitte formler og enheter:

Definer alle størrelser du bruker i formlene.

Gauss' lov:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{encl}}{\epsilon_0}, \quad \oint \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q_{encl-free}$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho$$

Gauss' lov for magnetfeltet:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0, \quad \nabla \cdot \vec{B} = 0$$

Amperes lov:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left[i_c + \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int \vec{E} \cdot d\vec{A} \right],$$

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = i_{c-free} + \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int \vec{D} \cdot d\vec{A}$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J}_f + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

Faradays lov:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}, \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}, \quad \vec{H} = \frac{1}{\mu_0} \vec{B} - \vec{M}$$

$$\text{Isotrope media: } \vec{D} = \epsilon \vec{E}, \quad \vec{H} = \frac{1}{\mu} \vec{B}$$

Coulombs lov:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{e}_r$$

Elektrisk potensial

$$V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\vec{E} = -\nabla V$$

Kraft i elektrisk og magnetisk felt:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Permittivitet:

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$$

Permeabilitet:

$$\mu = \mu_r \mu_0$$

Induktans:

$$L = \frac{N\Phi_B}{i} \quad U = \frac{1}{2} LI^2$$

Kapasitans:

$$C = \frac{Q}{V} \quad U = \frac{1}{2} CV^2$$

Kapasitans for platekondensator:

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

Parallellkopling av kapasitanser:

$$C = \sum_i C_i$$

Seriekopling av kapasitanser:

$$\frac{1}{C} = \sum_i \frac{1}{C_i}$$

Poyntingsvektor:

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$$

Elektromagnetisk energitetthet:

$$u = \frac{1}{2} ED + \frac{1}{2} BH$$

Biot-Savarts lov:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{e}_r}{r^2}$$

Magnetisk kraft på strømførende leder:

$$d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$$

Lenz lov: En indusert strøm er alltid slik at den forsøker å motvirke forandringen i den magnetiske fluks som er årsak til strømmen.

Elektrisk fluks:

$$\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

Magnetisk fluks:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Bølge i +x retning:

$$y(x, t) = A \sin(\omega t - kx), \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Intensitetsfordeling ved diffraksjon og interferens fra gitter:

$$I = I_0 \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}\right)}{\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}} \right]^2 \left[\frac{\sin\left(\frac{N \pi d \sin \theta}{\lambda}\right)}{\sin\left(\frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}\right)} \right]^2$$

Sylinderkoordinater (r, ϕ, z) :

$$\nabla V = \hat{r} \frac{\partial V}{\partial r} + \hat{\phi} \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \phi} + \hat{z} \frac{\partial V}{\partial z}$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r D_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial D_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial D_z}{\partial z}$$

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2}$$

Kulekoordinater (r, θ, ϕ) :

$$\nabla V = \hat{r} \frac{\partial V}{\partial r} + \hat{\theta} \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} + \hat{\phi} \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial V}{\partial \phi}$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 D_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (D_\theta \sin \theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial D_\phi}{\partial \phi}$$

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2}$$

Fysiske konstanter:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m (permeabilitet for vakuum)}$$

$$\epsilon_0 = 8.85419 \cdot 10^{-12} \text{ F/m (permittivitet i vakuum)}$$

$$e = 1.6019 \cdot 10^{-19} \text{ C (elementærladning)}$$

$$m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg (elektronets masse)}$$

$$g = 9.807 \text{ m/s}^2$$

Dekadiske prefikser

Symbol	Navn	Tallverdi
E	exa	10^{18}
P	peta	10^{15}
T	tera	10^{12}
G	giga	10^9
M	mega	10^6
K	kilo	10^3
h	hekto	10^2
da	deka	10^1
d	desi	10^{-1}
c	centi	10^{-2}
m	milli	10^{-3}
μ	mikro	10^{-6}
n	nano	10^{-9}
p	piko	10^{-12}
f	femto	10^{-15}
a	atto	10^{-18}

Størrelse

Navn	Symbol
elektrisk feltstyrke	E
elektrisk potensial	V
elektrisk flukstetthet	D
elektrisk polarisasjon	P
elektrisk ladning	Q, q
elektrisk ladningstetthet; rom- flate-	ρ
linje-	σ
	λ
elektrisk fluks	Φ_E
permittivitet	ϵ
relativ permittivitet	ϵ_r
elektrisk suceptibilitet	χ_e
elektromotorisk spenning/kraft (ems)	\mathcal{E}
vinkelfrekvens	ω
vinkel	$\alpha, \beta, \gamma, \dots$
romvinkel	Ω
lengde	l
areal	A
volum	V
tid	t
frekvens	f
bølgetall	k
bølgelengde	λ
masse	m
hastighet	v
kraft	F
trykk	p
arbeid, energi	E, W
effekt	P
elektrisk strøm	I, i
elektrisk potensialdifferanse, spenning	U, V

SI – enhet

Navn	Symbol
Volt pr. meter	$V/m=N/C$
volt	V
coulomb pr. meter ²	C/m^2
coulomb pr. meter ²	C/m^2
coulomb	$C = As$
coulomb pr meter ³	C/m^3
coulomb pr meter ²	C/m^2
coulomb pr meter	C/m
Newton-meter ² pr. coulomb	$N m^2 C^{-1}$
farad pr meter	F/m
en	1
en	1
volt	V
radian pr. sekund	rad/s
radian	rad
steradian	sr
meter	m
kvadratmeter	m^2
kubikkmeter	m^3
sekund	s
hertz	$Hz=1/s$
invers-meter	1/m
meter	m
kilogram	kg
meter pr. sekund	m/s
Newton	$N = kg m s^{-2}$
Pascal	$Pa = N m^{-2}$
Joule	$J = Nm$
watt	$W=J/s$
ampere	A
volt	$V = kg m^2 s^{-3} A^{-1} = J$

kapasitans	C	farad	$A^{-1}s^{-1}$
magnetisk feltstyrke	H	ampere pr. meter	$F = As V^{-1}$
magnetisk fluks	Φ_B	weber	A/m
magnetisk flukstetthet	B	tesla	$Wb = Vs$
magnetisering	M	ampere pr. meter	$T = Wb/m^2 = N/Am$
permeabilitet	μ	henry pr. meter	A/m
relativ permeabilitet	μ_r	en	H/m
magnetisk suceptibilitet	χ_m	en	1
magnetisk dipolmoment	m, μ	ampere pr. meter ²	1
magnetisk dreiemoment	τ, T	ampere · tesla pr. meter ²	A/m^2
intensitet	I	watt pr. kvadratmeter	AT/m^2
induktans	L	henry	W/m^2
resistans	R	ohm	$H = V A^{-1} s$
resistivitet	ρ	ohm-meter	$\Omega = V A^{-1}$
impedans	Z	ohm	Ωm
magnetomotorisk spenning (mmf)	\mathcal{F}	ampere	Ω
reluktans	\mathcal{R}	Invers-henry	A
pointingsvektor	S	watt pr. kvadratmeter	H^{-1}
			W/m^2

Fag SIF4029
Eksamen 6. mai 2002

STUDENTNR: _____
STUDIEPROGRAM: _____

SVAR-ARK FOR OPPGAVE 4

Sett ett kryss for hver oppgave (gardering ikke tillatt)

Oppgave	Svar-alternativer				
	a	b	c	d	e
A1					
A2					
A3					
B1					
B2					
B3					
C1					
C2					
C3					

Dette arket leveres sammen med resten av eksamensbesvarelsen.